

京都大学工学部

正員 ○小西一郎

正員 後藤尚男

准員 川口大仁

1. 緒言

橋梁下部構造の設計に当っては、従来から震度 0.2~0.3 程度の地震力に対して、許容応力に基づく弾性計算法が慣用されている。ところで大地震はその構造物の存命中に 1 度ないしは 2 度起るかも知れない程度の稀現象ではあるが、その震度は現行の設計震度の 2 倍したがつて 0.4~0.5 に及ぶ。このように極めて稀にしか起らない大きな地震力に対しても、なお十分安全であるような断面を設計することは、経済上許されないのが通常である。われわれはこのような見地からして、構造物の耐震計算には終局強度を重視したりいわゆる極限設計を行うべきであると考えたものである。もとより地震外力、基礎地盤の性状等にもなお不詳の点が多くなり、ここでは橋脚躯体特に井筒断面の極限設計について、基礎的な考察を述べた結果について述べる。

2. 井筒躯体の破壊曲げモーメント

井筒横断面の破壊曲げモーメント M_b を算出するのに、簡単のため次の假定を設ける。

- (1) 地震力は瞬時荷重であるので、クリープ現象を考慮外におく
- (2) 破壊時には全断面の鉄筋と圧縮側全断面のコンクリートとがともに破壊強度に到達する考える。
- (3) 鉄筋は全断面にわたって一様に配置されていると考える。
- (4) 上下部構造の自重に基づくコンクリートの圧縮応力はさほど大きくないので、一応これを無視しておく¹⁾

ここで假定 (2) の破壊強度の代りに降伏応強度を用い、あるいは外縁では破壊強度、中立軸近くでは降伏応強度を用いるとか、更にこれら以外の分布形状も当然考えられる²⁾。また假定 (3) は厳密には正しくないが、特に井筒断面では是認されてよからうと考えられる。

しかれば小判形または短形の井筒断面内の力の作用状態は図-1, 2 の如くにかける。

ここに、 A_s, A'_s

: 引張側及び圧縮

側の鉄筋総面積、

A'_c : 圧縮側コンクリート

断面面積、 σ_{cb}

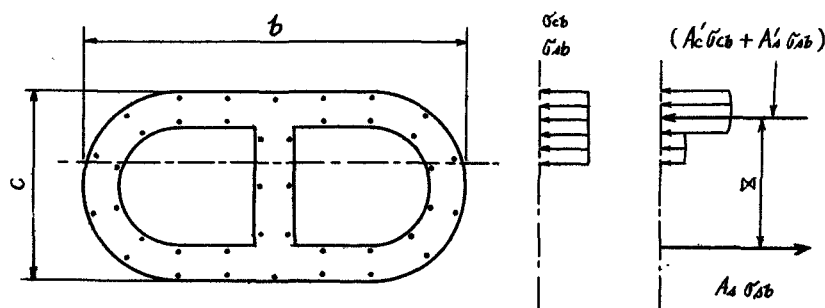
, σ_{sb} : 鉄筋の破壊

強度及びコンクリートの

圧縮破壊強度。この場合假定

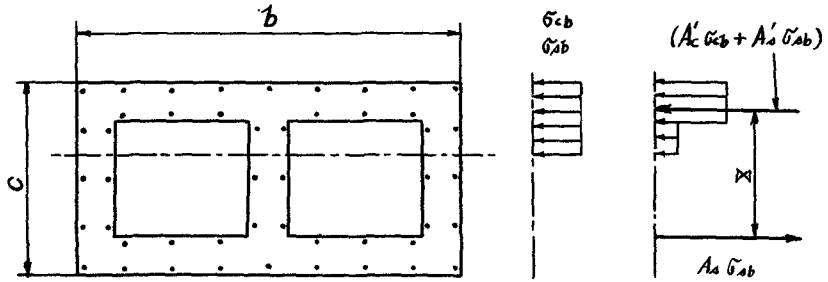
(3) から圧縮側の

図-1 小判形断面



鉄筋とコンクリートの各合力の作用点は当然一致する。次に鉄筋の全断面積を A 、コンクリートの全断面積を A_0 とすれば結局次の3条併式をかくことができる。

図-2 短形断面



$$\left. \begin{aligned} A_s + A'_s &= A, & A'_s/A &= A'_c/A_0, & (\because \text{假定(3)}) \\ A'_s \sigma_{sb} + A'_c \sigma_{cb} &= A_s \sigma_{sb}, & (\text{図-1, 2}) \end{aligned} \right\} \text{----- (1)}$$

これらの式で A 、 A_0 、 σ_{cb} 、 σ_{sb} は与えられるので、未知数は A_s 、 A'_s 、 A'_c の3者で次式として求まる。

$$\left. \begin{aligned} A_s &= (\sigma_{cb} A_0 + \sigma_{sb} A) A/B, & A'_s &= \sigma_{sb} A^2/B, \\ A'_c &= \sigma_{sb} A_0 A/B, & \text{ここに } B &= \sigma_{cb} A_0 + 2\sigma_{sb} A \end{aligned} \right\} \text{----- (2)}$$

この A_s 、 A'_s 、 A'_c から中立軸の位置が決まる。これより引張側、圧縮側の合力、 $A_s \sigma_{sb}$ 、 $(A'_c \sigma_{cb} + A'_s \sigma_{sb})$ の作用点は各断面における破壊応力分布の重心点として与えられる。かくして両合力間の距離 z が確定するので、破壊曲げモーメント M_b は次式で与えられる。

$$M_b = (A_s \sigma_{sb} + A'_c \sigma_{cb} + A'_s \sigma_{sb}) z/2 = A_s \sigma_{sb} \cdot z \text{----- (3)}$$

3 設計計算法

式(3)の M_b を安全率 λ で除すれば、これが求める設計用の抵抗曲げモーメント M である。

$$\therefore M = M_b/\lambda, \quad M_b: \text{式(3)} \text{----- (4)}$$

したがって設計地震力による断面力が式(4)の M に合致するよう設計すればよい。一方慣用計算法で震度0.2に対して設計された井筒断面は、本文のような極限設計によると、0.2より高い震度まで耐震的に保証できるものと推察される。

もともと橋脚井筒の主鉄筋量は慣用計算法に対しても、なお余裕が十分あるほど多く使用されているのが通弊である。したがって本文のような極限設計の導入によって、慣用計算法よりも高い震度まで断面の保証ができ、しかも主鉄筋量を節減できるものと期待される。極限設計で必要な破壊強度 σ_{cb} 、 σ_{sb} の値並びに安全率 λ の大きさに依っては、橋脚、井筒を対象とした場合について考察を進める。ここでは主として抵抗モーメントについて記入したが、なお断面力(外カモーメント)についても考察して、断面力及び抵抗モーメントの両者から合理的な計算法を研究したいと考えている。

注: 1) 下部構造の長さ1m当りの自重によるコンクリートの圧縮応力は $\sigma_c = 2.4 \text{ ton/m}^2 = 0.24 \text{ kg/cm}^2$ にすぎない。上部構造の非常に大きい場合でも死荷重による σ_c は最大 10 kg/cm^2 程度以下と考えられる。

2) 単鉄筋短形断面については次の文献参照。

Report of ASCE-ACT Joint Committee on Ultimate Strength Design, Proc. of ASCE, Oct., 1955.